＜新素材・機械加工システム＞

数値制御（ＮＣ）工作機械の活用

―― マシニングセンタの教材作成 ――

県立中部工業高等学校教諭　平　良　康　博

Ⅰ　テーマ設定の理由

近年，工業分野のみならずあらゆる分野でコンピュータが導入されている。機械分野においては，CNC(Computerized Numerical Control)旋盤やマシニングセンタを初めとするコンピュータ制御による工作機械が広く普及してきており，機械技術と電子技術を融合させた，いわゆるメカトロ技術は欠かせないものとなっている。実際，機械科の生徒が進む就職先においても，自動車メーカーを初めとし，ビルメンテナンス会社など，ほとんどの職場でコンピュータ化されている現状がある。また，最近では沖縄県工業教育研究会主催のロボット競技大会などもあって，メカトロニクスに対する生徒の興味・関心はもちろん，それに対する取り組みも年毎に盛り上がっている。

こういった社会現状もあって，機械科でも「情報技術基礎」や「電子基礎」といった電気系の科目が取り入れられている。しかし，「電子基礎」などの科目においては，目に見えない現象を扱う授業ということで敬遠されがちであり，教える側としてもやりにくい面がある。また，「機械設計」や「製図」といった科目に関しても，教科書の題材をそのまま教えたのでは，画一的な授業になりがちで，生徒の興味・関心を引きつけにくい。

そこで，それらの問題を解消すべく様々な工夫が必要となる。その１つとして各科目に関連性をもたせた授業の展開をする方法がある。例えば簡単なロボットを製作するといったような一つの目標をもって各科目を関連づけ，授業を展開し，教材作成をしていけば，実際に物を作り，動かすためには，設計，加工・組立，そして制御と，すべての科目の必要性が理解され，興味・関心も湧いてくることが考えられる。しかし，いざそれらのことを考慮した作品を作ろうとすると様々な加工技術が必要になる。実際，生徒が作ろうとする物は複雑な形状をしていたり，精密な加工が必要であったりする。そこで威力を発揮するのがマシニングセンタなどの数値制御工作機械である。数値制御工作機械は，現在のメカトロニクス技術が多く取り入れらており，精密かつ多様な加工ができる装置である。中でもマシニングセンタは複雑な曲面を加工でき，CAD(Computer Aided Design)/CAM(Computer Aided Manufacturing)を利用すればその性能はさらに上がる。しかし，その操作方法を習得するには相応の時間を必要とする。現在の自分も基本的な操作は習得しているが，マシニングセンタの性能を十分に生かすことはできず，生徒の多様な要求に応えることができていない。また，このような状況ではトラブル発生時の対応にも問題が出てくるため，安全・保守管理に対する知識も習得しなければならない。

そこで，今回は最先端機器が整備された産業教育課（産業技術教育センター）において，数値制御工作機械，特に応用性に優れたマシニングセンタについての知識・技術を習得し，生徒の機械操作・安全面に重点を置いた実習指導書の作成を行うとともに，生徒にとって興味・関心のもてるような作品を作成できる活用能力を身につけたいと考え，本テーマを設定した。

Ⅱ　研究内容

１　研究項目

(1) Windows98 の基本操作
(2) DTP の基礎
(3) CNC 旋盤加工技術の基礎・応用
(4) マシニングセンタ加工技術の基礎・応用
(5) CAD/CAM 技術の基礎・応用
(6) レーザ加工技術の基礎
(7) 制御技術の基礎
(8) マシニングセンタによる教材作成
(9) 報告書のまとめ

２　マシニングセンタの教材作成

(1) 実習教材の試作

生徒が興味・関心を持ち，自ら意欲的に実習に参加することのできる教材開発を目標に，自動車や熊を型どったネームプレート（写真１，２）を試作した。また，その内容として，基本的な加工技術を取り入れるだけでなく，治具の利用やねじ穴加工（写真３）などの実用的な作業要素を取り入れ，マシニングセンタを活用する手助けとなるようにした。

写真１　ネームプレート（自動車）

写真２　ネームプレート（熊）

写真３　専用治具とねじ穴（裏面）

(2) 実習指導書の作成

①　実習指導書作成の方針

テーマ設定の理由でも述べたように，マシニングセンタについてはその指導者の育成が第１の課題である。そこで，機械の基本操作を習得できるような実習指導書を作成することが急務と考え，以下のことを考慮しながら，指導書作成をした。

・自習指導書のみで機械の操作が習得できるようになること。
・学習範囲を広げ過ぎず，基本的な内容にすること。
・具体例を多く取り入れること。
・写真や図を多く取り入れ，視覚的にわかりやすくすること。
・マシニングセンタを活用できるようなヒントとなる要素を取り入れること。
・安全に十分配慮した内容にすること。
・工具設定など，今までわかりにくかった点を具体例を挙げて説明するようにすること。
・頻繁に起こり得るミスを説明中に盛り込むこと。

②　実習指導書の目次

第１章　マシニングセンタとは
１－１　マシニングセンタとは
１－２　マシニングセンタの特徴
１－３　マシニングセンタを使う上で要求されること
第２章　機械を安全に使うために
２－１　機械を使用する前に
２－２　機械のメンテナンス
２－３　ドアインタロック機能
２－４　非常停止ボタン
第３章　主要部の名称および電源投入・しゃ断
３－１　主要部の名称
３－２　電源投入
３－３　電源しゃ断
第４章　工具の設定
４－１　使用工具の検討
４－２　使用工具と工具ホルダの組み合わせ
４－３　工具登録および工具長・径補正
４－４　主軸回転数・切削速度および送り速度
第５章　プログラミング
５－１　プログラム作成の手順
５－２　プログラム例
５－３　命令コードの説明
５－４　プログラム作成
第６章　加工
６－１　プログラムの転送
６－２　ワーク座標系の設定
６－３　空運転
６－４　本運転
第７章　プログラム事例
１　ネームプレート（自動車）
２　ネームプレート（熊）
３　治具用ねじ穴加工

③　実習指導書の内容（抜粋）

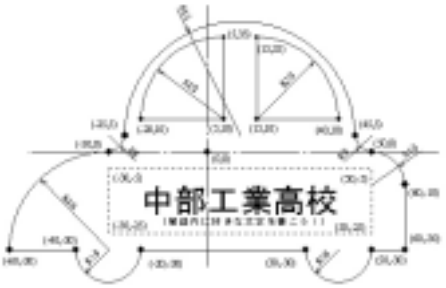
ア　機械のメンテナンス（２－２）

マシニングセンタの指導者育成が遅れている一因に，メンテナンスの複雑さがある。そこで，最低限必要な点検項目を取り上げ，メンテナンスのわずら

わしさを少しでも解消するようにした。その一例を図１に示す。

(1) 送り軸潤滑油タンク(機械左側面)への給油
①潤滑油タンクの油量計で潤滑油量を確認。
②給油口のキャップを取り外します。
③油量計で油量を確認しながら，専用の<u>オイルジョッキ</u>で潤滑油を給油します。
④キャップを閉めます。

図１　送り軸潤滑油タンクへの給油



③ 次に窓枠や文字の加工をしますが，工具の直径が大きすぎると文字の線が重なったりするので，<u>R3㎜ のボールエンドミル</u>を使用します。もちろん，窓枠と文字部分で大きさを変えてもかまいません。
④ 最後に輪郭加工ですが，精度を出したりすると
（中略）
す。また，輪郭の形状でＲ５㎜（内側切削）の部分があるので，半径が５㎜ より大きい工具では寸法通りの加工ができません。そこで，ちょうど<u>半径５㎜ のエンドミル</u>を使用して輪郭加工を行います。

図２　使用工具の検討（一部）

イ　使用工具の検討（４－１）

実習教材を例に，使用工具を決定する考え方を示し（図２），独自の作品を製作する際のヒントとなるようにした。

ウ　使用工具と工具ホルダの組み合わせ（４－２）

マシニングセンタの特徴の１つにＡＴＣ(Automatic Tool Changer)機能があるが，この機能を可能にするために，工具を保持する工具ホルダが規格化されており，その中にも様々な種類がある。工具にも色々な種類があるため，これらの組み合わせがわからないと工具をセットする事が出来ない。そこで，よく使われる工具と工具ホルダ，コレットの組み合わせ例を示し（表１），マシニングセンタを利用する手助けとなるようにした。また，図３のようにそのセッティング方法も示した。

図３　工具とホルダのセッティング

表１　工具とホルダ，コレットの組み合わせ例（一部）

ホルダ	コレット	適用工具
データワンコレットホルダ ＢＴ４０－ＤＴＡ１２－１２０	データワンコレット Ｄ１２－４～１２	ボールエンドミル Ｒ１～６mm スパイラルタップ Ｍ４～１２
コレットホルダ ＢＴ４０－ＣＴＡ１０－９０ －ＣＴＡ２０－９０	スプリングコレット Ｃ１０－３～１０ Ｃ２０－６～２０	エンドミル（小径～中径） φ１～１０mm φ６～２０mm
ハイアートミーリングチャック	ストレートコレット	エンドミル（中径～大径）

エ　工具長補正（４－３－２）

工具長補正はマシニングセンタを使う上で避けて通れないものの１つであるが，わかりづらいものの１つでもある。そこで，図４のように，設定方法を実際の操作方法に従って詳しく説明した。

（５）画面下の【相対】という項目に対応したソフトキーを押して下さい。
現在位置（相対座標）画面が表示されます。

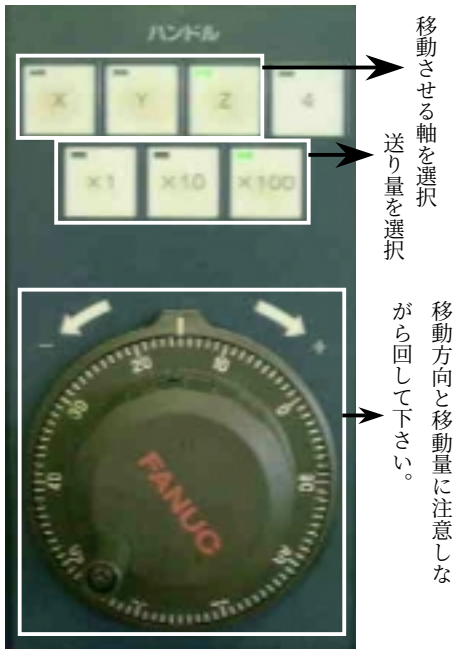
Ｚ軸の値を“０”にする

（６）データ入力キーの「Z」を押して，画面上のＺを点滅させて下さい。

（７）キャンセルキー【ＣＡＮ】を押して，Ｚ座標の値を“０”にして下さい。

（８）モード選択スイッチの【ハンドル】を押します。

（９）ハンドルを使い，工具先端をベースマスター上面に接するように移動させます。
①送り量選択キーの【×１００】を押す。
送り量選択キーはハンドルを１目盛り回したときの倍率で，
【×１】　０．００１mm
【×１０】　０．０１０mm
【×１００】　０．１００mm
動くことになります。最初は移動量が大きいので，１００倍を選択します。
②移動させる軸を軸選択キーで選択して下さい。
③ハンドルを回し，工具先端をベースマスターの上面に接するように移動させます。
近づいたらゆっくりハンドルを回し，ベースマスターのＬＥＤが点灯したら,ハンドルを１目盛り（ＬＥＤが消えるまで）戻します。
④送り量を【×１０】にします。
⑤再び，ベースマスターのＬＥＤが点灯するまでＺ軸を下げ，点灯したらハンドルを１目盛り戻します。
⑥送り量を【×１】にし，再度Ｚ軸を下げ，今度は点灯した位置で止めておきます。



※　移動途中に間違って移動可能範囲を超え，アラームが鳴ってしまったときは，その軸を一旦戻し，ＮＣ操作パネル左上の【ＲＥＳＥＴ】キーを押して下さい。アラームが止まります。また，画面がアラーム画面になっているときは，機能キーの【ＰＯＳ】キーを押して下さい。現在位置画面に戻ります。

図４　工具長補正（一部）

オ　プログラミング（第５章）

機械メーカーの取扱説明書におけるプログラムの説明は，各コードそれぞれについて一般的な説明をしたものであり，実際のプログラムを作成するときの全体的な流れがつかみにくい。そこで，最初に実習教材のプログラムを示し（図５），その流れに沿いながら命令コードを説明していくことにした。また，各コードについてはよく使われる形式を多く取り入れて説明するとともに，その注意点，起こりがちなミスをあげ，より安全なプログラム作成が出来るようにした。その例を図６～７に示す。

```
O0010(CAR-MAIN);・・O□□→説明(1)
G91G28Z0T8; ・・・・G91→(2),G28→(3),T□□→(4)
G91G30X0Y0; ・・・・G30→(3)
M06; ・・・・・・・・M06→(5)
;
N1(B-ENDMILL-R1);・N□□→(6)へ
G90G00G54X5.Y10.;・G90→(2),G00→(7),G54→(8)
        :
```

図５　プログラム例（一部）

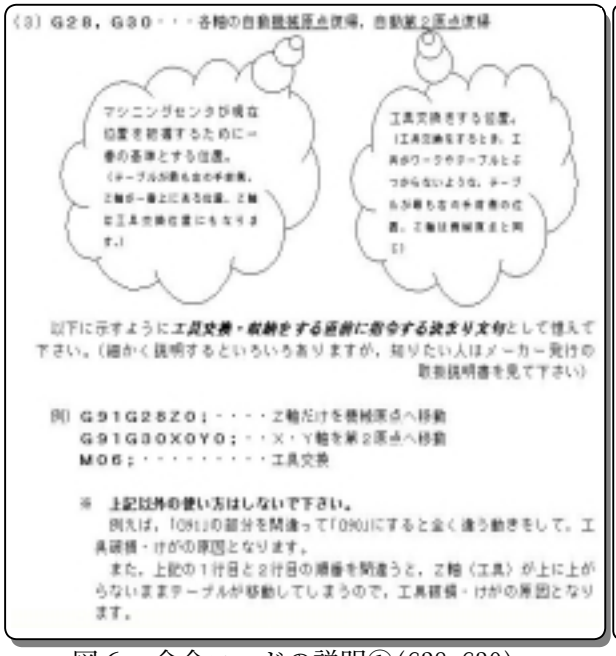


図６　命令コードの説明①(G28,G30)

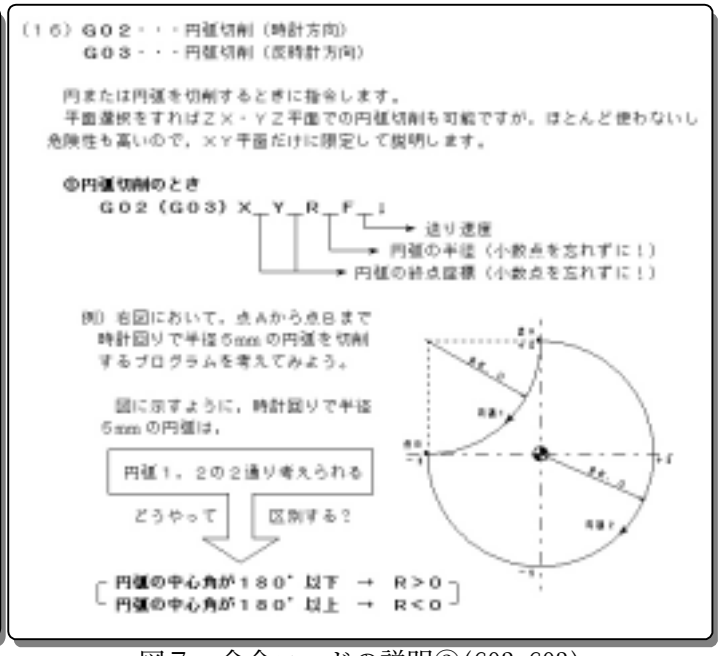


図７　命令コードの説明②(G02,G03)

カ　ワーク座標系の設定（６－２）

マシニングセンタの操作の中でわかりにくいものの１つに，ワーク座標系の設定がある。これはプログラム上の加工原点と機械上の加工原点を一致させるために必要な設定で，避けて通れないものである。指導書においてはワークの原型を四角形とし，その中心を加工原点とする場合を例に取りあげているが，ポイントマスター等の測定用工具がなかったり，あったとしても非通電性のワークである場合を想定して，工具とワークの間に紙をはさみ，その紙が動かなくなる位置を測定値として計算する方法で説明してある。また，その計算式も記載し，例を示しながらわかりやすく解説してある（図８）。

キ　空運転（６－３）

いきなり本切削をすると，プログラムや各種設定にミスがあった場合，機械の破損・けがの原因となるため，考えたとおりの動きをするか空運転を行い確認する。そこで，その際必要なシングルブロック機能やクーラントの吐出停止などの設定方法を説明し，エラーがあったときの対処方法なども記載した。図９は，Z軸のシフト量の設定方法を示した部分であるが，その値をどの程度にすべきか説明し，空運転時に起こりうる危険を回避出来るようにした。

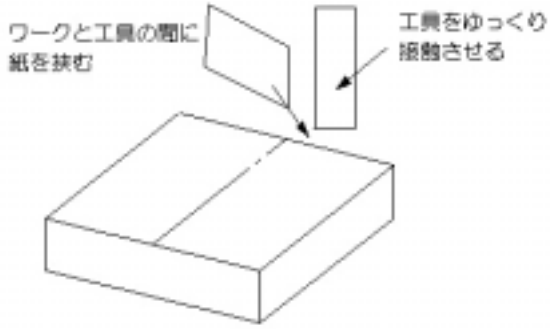
（４）機能キー【ＰＯＳ】を押し，ソフトキー【総合】を押します。

総合位置画面が表示されます。

（５）モード選択スイッチの【ハンドル】を押します。

（６）四角中心を求めます。

①送り量を【×１００】の状態にし，工具をＸ軸の中心付近に持っていき，ワークの向こう側から手前に，間に挟んだ紙が動かなくなるまでゆっくり移動させます。



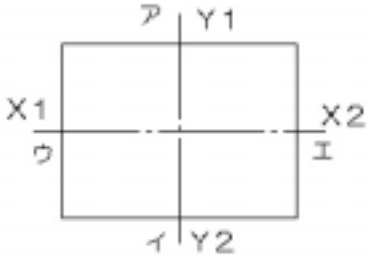
②ハンドルを１目盛り分戻し，送り量を【×１０】にし，再び紙が動かなくなるで接触させます。

③同様に，送り量【×１】で接触させ，その時の機械座標Ｙ軸の値をＹ１として記録しておきます。

例）　Ｙ１　＝　－４２．２９２

④Ｘ軸はそのままで，工具をワークの手前に持っていき，今度は手前から向こう側へ工具を移動させ，①～③の操作をします。その時の機械座標Ｙ軸の値をＹ２とします。

例）　Ｙ２　＝　－１４６．４００



⑤同様な手順で，今度は右図のウ，エ点の機械座標Ｘ軸の値，Ｘ１・Ｘ２を記録します。

例）　Ｘ１　＝　－５６０．１５２

Ｘ２　＝　－４０４．１５８

⑥測定した値から四角中心のワーク座標を計算します。

ワーク座標値を求める式

Ｘ　＝　（Ｘ２－Ｘ１）／２　＋　Ｘ１
Ｙ　＝　（Ｙ１－Ｙ２）／２　＋　Ｙ２

例）　Ｘ＝（(-404.158)－(-560.152)）／２＋(-560.152)

Ｘ＝－４８２．１５５　・・・・・・ワーク座標（Ｘ軸）

Ｙ＝（(-42.292)－(-146.400)）／２＋(-146.400)

Ｙ＝－９４．３４６　・・・・・・ワーク座標（Ｙ軸）

※ワーク形状が円形でも同様にできます。

図８　ワーク座標系の設定（一部）

（１）機能キー【ＯＦＳＥＴ】を押し，ソフトキーの【座標系】を押します。

ワーク座標系設定画面が表示されます。

（２）ワーク座標系設定番号００にカーソルを移動させ，【Ｚ】，【シフト量】，【ＩＮＰＵＴ】の順にキー入力します。

※実際の加工高さより３０ｍｍ上で空運転させたいなら，シフト量は３０．０と入力して下さい。ただし，シフト量はワーク形状やＺ軸加工原点の位置などを考慮し，プログラム上，工具の先端が最も低くなる位置とワークの最上面が干渉しないような値を入力して下さい。例えば，プログラム上でＺ軸の加工高さが－３０．０ｍｍより下の座標が設定されていたとき，いくら３０．０ｍｍ上にシフトしたとしても切削してしまいます。そこで，シフト量はプログラム中のＺ軸の最小値(正確にはその絶対値)よりも大きい値を入力する事になります。

また，Ｘ・Ｙ軸にデータが入力されているときは，“０”にして下さい。０にしないと，そのデータ分Ｘ・Ｙ軸がシフトされてしまいます。

図９　空運転の設定（Ｚ軸のシフト）

ク　プログラム事例（７－３）

プログラム事例においては，単にプログラムを列挙するだけでなく，その図面や加工順序・方法を示した表を記載し，独自のプログラムを作成する際の手助けとなるようにした。また，本文中はできるだけ基本的な内容を記載したので，活用的な部分はプログラム事例で説明するようにした。その例を図10に示す。

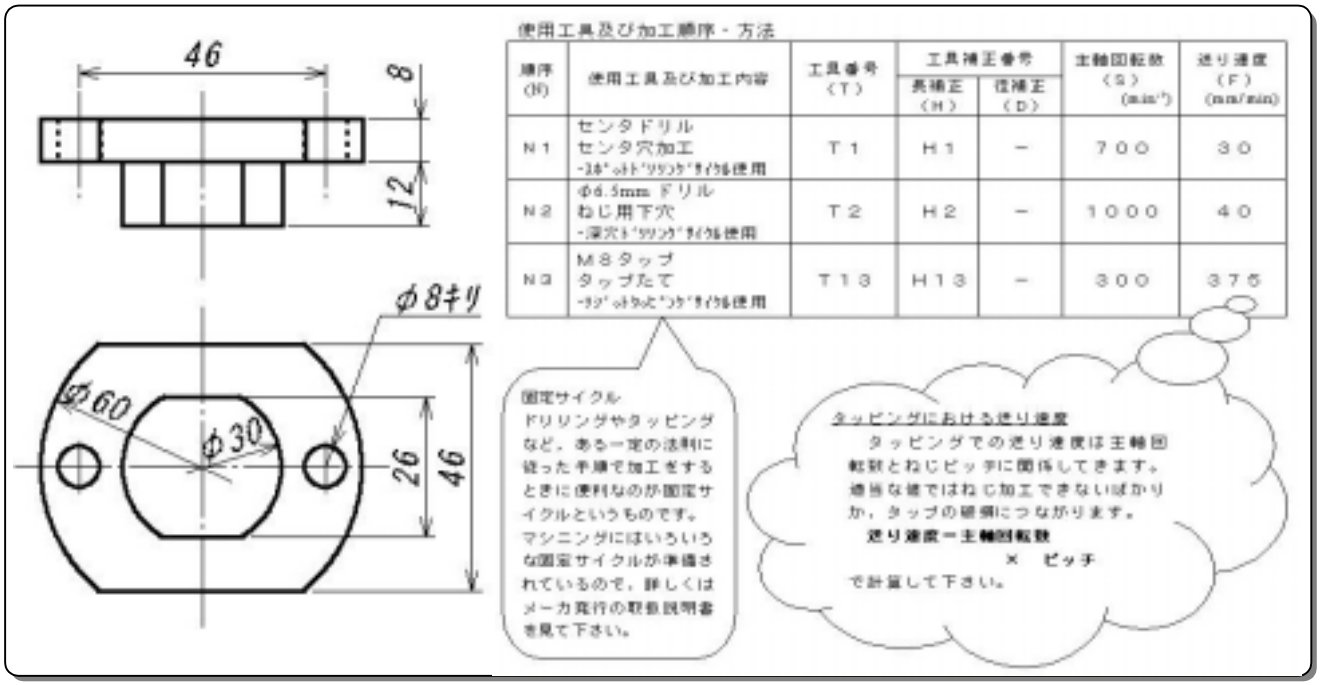


図10　プログラム事例における説明（一部）

(3) 安全対策

安全対策として，指導書中に記載してある注意点を抜粋し，機械やその周辺に掲示することが考えられる。また，メンテナンスの都合上，周りの人から見えにくいところで作業をしていたり，メモリ運転中にその場を離れたりすることが考えられるので，「作業中」・「さわるな」といった札等を準備することが必要である。その他に，マシニングセンタは「実習」における使用だけでなく，「課題研究」や課外授業でも使用される。その際，工具番号やその

補正番号を変更することが考えられ，使用者が以前に設定したままと思い機械を動かしてしまうと，機械の破損，けがの原因となりかねない。そこで，現在の工具登録状況が確認できるとともに，変更があった場合，その項目を修正するような工具登録表（表２）を作成し，機械周辺に掲示するといった対策も必要である。

表２　マシニングセンタ工具登録票

工具番号 T	内　　容	補　正　番　号	
		長補正 H	径補正 D
例 1002	φ25㎜ ｴﾝﾄﾞﾐﾙ	2	１２

(4) 指導計画

今回，実習指導書の作成を主な内容として研究を進めてきたが，それを実際の授業で活かすことが最大の目標となる。そのためには，実習手引き書を作成することが１つの課題となるが，それは指導書からの抜粋で対応できる。また，授業設計も重要な課題となるので，表３のように年間の指導を計画した。

表３　年間指導計画と配当時間（７週×５時間＝３５時間）

週	時間	実　習　内　容	実　習　目　標	そ　の　他
1	５h	①ＮＣ工作機械とは ②マシニングセンタの概要説明 ③安全心得 ④実習課題のデモ切削 ⑤ＮＣ言語の説明 （プログラム座標の説明）	①汎用工作機械との違いを理解する ②マシニングセンタの特徴を理解する ③安全対策への心構えを学ぶ ④例を示すことで興味・関心が湧く ⑤プログラム座標を理解する （ＣＮＣ旋盤との違いを理解する）	手引書 ﾏｼﾆﾝｸﾞｾﾝﾀ
2	５h	①ＮＣ言語の説明 ②工具の設定	①基本となるコードを学習する ②使用工具の決定方法とその設定方法を学習する	手引書 ﾏｼﾆﾝｸﾞｾﾝﾀ
3	５h	①ＮＣ言語の説明 ②実習課題の作図 ③実習課題のプログラミング ④編集・ｼﾐｭﾚｰｼｮﾝｿﾌﾄの使用方法	①基本となるコードを学習する ②ネームプレートの名前部分を自由に作図し，自主的に取り組む ③パソコンなど，周辺装置の便利さを理解する	手引書 方眼紙 学習支援ｿﾌﾄ
4	５h	①実習課題のプログラム編集 およびシミュレーション ②プログラムの転送方法 ③マシニングセンタの操作手順	①シミュレーション等により，さらに興味・関心が湧く ②ワーク座標系の設定，空運転などの操作方法を理解する	学習支援ｿﾌﾄ 入出力装置 ﾏｼﾆﾝｸﾞｾﾝﾀ
5 ・ 6	10h	①マシニングセンタの操作演習 ②実習課題の加工	①実際に機械に触れ，今後，１人で操作出来るようになる ②各自の作品を制作し，感動を味わう	ﾏｼﾆﾝｸﾞｾﾝﾀ 手引書
7	５h	①実習課題の加工 ②まとめ（評価・感想）	①各自の作品を制作し，感動を味わう ②作品を評価し，今後の自主課題へつなげる	ﾏｼﾆﾝｸﾞｾﾝﾀ 手引書

３　CAD/CAM の利用

今回，数値制御工作機械を研究テーマとした理由の中に，生徒が作成したい複雑な形状の作品製作の要求に応えることがある。簡単な形状なら自分でプログラムを作成することが可能だが，曲面加工のような複雑な形状はどうしても CAD/CAM を利用しなくてはならない。そこで，産業教育課に導入されている CAM ソフトを使用し，曲面加工を取り入れた作品を試作してみた（図 11～12･写真４）。CAD 機能におけるメニューの豊富さ，加工情報の設定における柔軟さ，シミュレーション機能における立体的描画など，生徒にとっても興味の持てる学習支援ソ

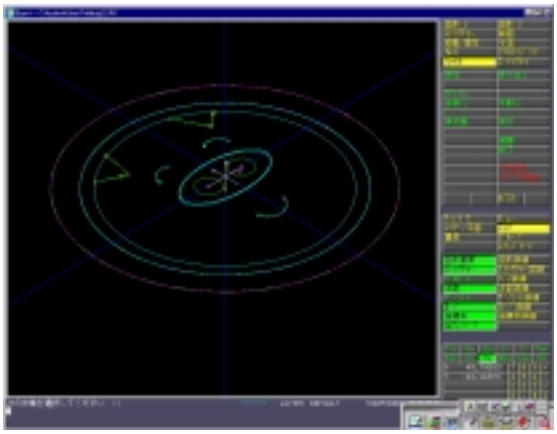


図 11　CAD による作図

フトとなるばかりでなく，これからのマシニングセンタには必要不可欠なものであることを痛感した。

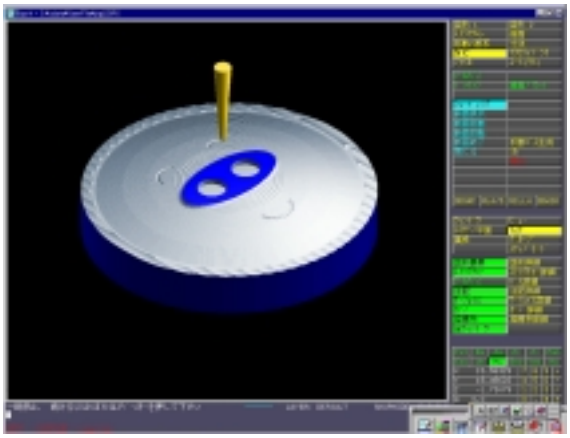


図 12　CAM によるシミュレーション

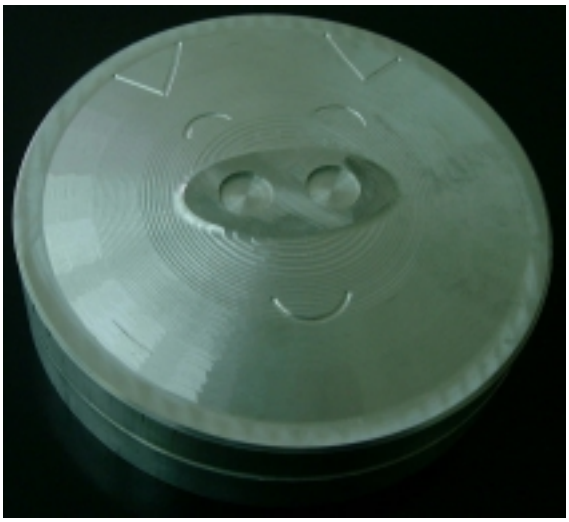


写真４　完成品

４　カスタムマクロについて

(1) カスタムマクロとは

同じ動作を繰り返し行うには，サブプログラムが効果的だが，カスタムマクロ機能を使用すると，変数・演算指令・条件分岐などができ，ポケット加工や独自の固定サイクルなど，より簡単に汎用性の高いプログラムを作成することができる。また，カスタムマクロはサブプログラムと同様に，簡単な命令（Ｇ６５）で加工プログラムから呼び出すことができる（図 13)。

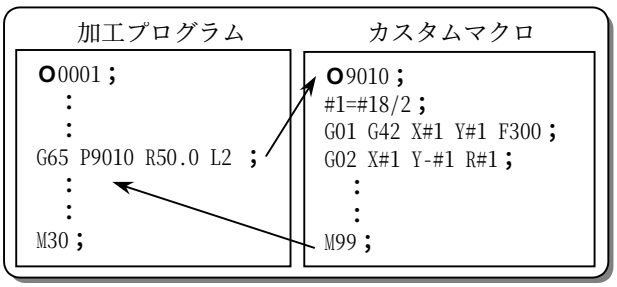


図 13　カスタムマクロの流れ

(2) カスタムマクロの例

①　Mコードによるサブプログラム呼び出し

カスタムマクロ機能の一部にMコードによるサブプログラム呼び出しがある。例えば，Ｍ０６は工具を交換する命令コードであるが，その際，工具とテーブルの干渉を避けるため，Ｚ軸を工具交換位置まで原点復帰させ，さらにX，Y軸を第２原点まで復帰させなければならない。それを加工プログラム中で指令し忘れると，工具の破損やけがの原因となる。また，MDI(Manual Data Input)運転時に第２原点復帰の指令などを入力するのは面倒である。そこで，図 14 のようなサブプログラムを作成し，加工プログラム中にＭ０６の指令があると自動的に第２原点に復帰するようにした。これは安全対策の１つとしてかなり有効だと思われる。

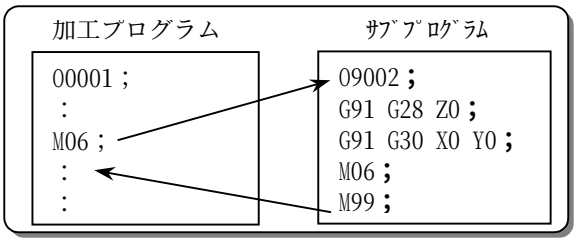


図 14　自動第２原点復帰のｻﾌﾞﾌﾟﾛｸﾞﾗﾑ

```
メインプログラム
O0001;
G91 G28 Z0 T32;・・・Z軸機械原点復帰,工具呼び出し
G91 G30 X0 Y0;・・・第２原点復帰
M06;・・・・・・・・・工具交換
G65 P9004 Q1.0;・・・ﾏｸﾛ呼び出し(Q はＺ軸取りしろ)
M01;・・・・・・・・・一時停止
M33;・・・・・・・・・工具収納
M30;・・・・・・・・・プログラム終了


マクロプログラム
O9004;
M01;・・・・・・・一時停止(測定点①に手動で移動)
#1=#5022;・・・・測定点①のＹ座標を読みとる
M01;・・・・・・・一時停止(測定点②に手動で移動)
#2=#5022;・・・・測定点②のＹ座標を読みとる
M01;・・・・・・・一時停止(測定点③に手動で移動)
#3=#5021;・・・・測定点③のＸ座標を読みとる
M01;・・・・・・・一時停止(測定点④に手動で移動)
#4=#5021;・・・・測定点④のＸ座標を読みとる
#5=［#4-#3］/2＋#3;・・・四角中心のＸ座標を計算
#6=［#1-#2］/2＋#2;・・・四角中心のＹ座標を計算
#5221=#5;・・ﾜｰｸ座標 G54 のＸ軸へ計算した値を書込む
#5222=#6;・・ﾜｰｸ座標 G54 のＹ軸へ計算した値を書込む
M01;・・・・・・・一時停止(測定点⑤に手動で移動)
#7=#5023;・・・・測定点⑤のＺ座標を読みとる
#8=#7-#11032-#17;・・・Ｚ軸加工原点を計算
                    #11032 は工具の長補正データ
                    #17 はＺ軸の取りしろ
#5223=#8;・・ﾜｰｸ座標 G54 のＺ軸へ計算した値を書込む
M99;・・・・・・メインプログラムへ復帰
```

図 15　ワーク座標系の自動計算マクロ

② ワーク座標系の自動計算マクロ

ワーク座標系を設定する際，産業教育課にあるマシニングセンタは四角中心や円中心などを自動的に計算する機能があるが，本校のマシニングセンタにはその機能がなく手計算で求めている。そこで，ワーク座標系の設定を産業教育課のマシニングセンタと同様に，自動的に計算するようなマクロを考えてみた。図 15 は四角中心を求めるマクロプログラムであるが，工具の現在位置（機械座標）を読みとるシステム変数などを利用し，実用的なマクロとなるようにした。

以上の２例の他にも，よく使う一連の加工工程を，サイズに応じた加工ができるようにして，独自の固定サイクルをカスタムマクロで作ることが出来る。ただし，カスタムマクロ機能はオプション装備となっており，本校では使用できないのが残念である。

Ⅲ　まとめと今後の課題

過去にマシニングセンタの実習を担当していた時，工具設定などの具体的な操作方法がわからず，単に決められた課題をこなすだけの実習となってしまっていた。そんなことでは生徒の多様な要求に応えることはできないという反省もあり，「数値制御工作機械の活用」というテーマの下，マシニングセンタの教材作成に取り組んできたが,主な内容としてはマシニングセンタの操作技術の習得と実習教材の試作，そして実習指導書の作成となった。操作技術については基本的な操作はもちろんカスタムマクロなど応用的な部分まで勉強でき，学校現場での指導に大いに自信がついた。実習教材の試作については，できるだけ生徒の興味・関心を引くような作品を目指したつもりだが,果たしてどうなのか心配である。しかし，簡単な形状ではあるがいくつかの基本的な作業要素が取り入れられ，いい教材ができたと思う。

ところで，今回の研修で Windows98 や周辺ソフトの使用方法を学べたのも収穫の１つである。研修に来るまで Windows という OS を使ったことがなかったので，最初の頃はすごく戸惑っていたが,最近では違和感なく使えるようになった。時代に取り残されそうだったのをどうにか挽回でき，とても安心している。写真の挿入がワープロソフトで簡単に出来てしまうので，写真や図などをふんだんに使い，わかりやすい実習指導書が出来たのではないかと思う。CAD/CAM の進歩もすさまじいものがあり，大変驚いている。今回,産業教育課に導入されている CAM を使い作品を作ってみたが，曲面加工の容易さなど，マシニングセンタを活用するための要素がたくさんあり，支援ソフトというレベルではなく,これからのマシニングセンタには欠かせないものとなることを痛感した。

今後の課題として，以下のことをあげ，より充実した指導書の作成，マシニングセンタの活用につなげていきたい。

(1) 学校現場での検証を重ね，指導書を改善していく。

(2) 実習教材を改良，あるいは新たな物を作成し，より生徒の興味・関心を引く教材開発に取り組む。

(3) 単に操作手順を示した指導書ではなく,自分で考える事が出来るような要素を取り入れながら指導書を作成したが,まだ足りない面があるので,修正・追加していく。

(4) CAD/CAM ソフトを利用し，マシニングセンタの活用範囲を広げたいが,そのソフト導入を期待したい。

(5) マシニングセンタをより安全に，使いやすくするために，カスタムマクロのオプション機能を付加したい。

(6) マシニングセンタの実習では，機械が１台しかないので,生徒１人１人にじっくりと操作方法を教えることが難しい。ところが，パソコン上で機械の操作方法が学習できるソフトがある。このようなソフトを使えば，生徒１人１人に十分な指導ができ，生徒も操作方法に自信を持ち，積極的に利用することが考えられる。今後の導入を期待したい。

＜主な参考文献＞

株式会社　森精機製作所	『取扱説明書　立形ﾏｼﾆﾝｸﾞｾﾝﾀ』	株式会社　森精機製作所	1992
ＦＡＮＵＣ　ＬＴＤ	『パラメータ説明書』	ＦＡＮＵＣ　ＬＴＤ	1997
ｱｲｺｸｱﾙﾌｧｴﾝｼﾞﾆｱﾘﾝｸﾞ株式会社	『ＥＳＰＲＩＴ－Ｘ』	ｱｲｺｸｱﾙﾌｧｴﾝｼﾞﾆｱﾘﾝｸﾞ株式会社	1998